Systemverbinder für Holzflächen-elemente aus Brettsperrholz

System connectors for cross-laminated timber panels

Connecteurs systémiques pour des panneaux en bois massif

Roland Maderebner
Dipl.-Ing.
Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften
Arbeitsbereich Holzbau
Universität Innsbruck
AT-Innsbruck

Josef Kögl
Dipl.-Ing.
Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften
Arbeitsbereich Holzbau
Universität Innsbruck
AT-Innsbruck

Systemverbinder für Holzflächen-elemente aus Brettsperrholz

1. Einleitung

Durch Einsatz moderner CNC-gesteuerter Abbund-Anlagen im modernen Holzbau können stabförmige und flächige Bauteile mit hoher Qualität und Passgenauigkeit im Werk vorgefertigt werden. Durch den hohen Vorfertigungsgrad kommt es zu einer Reduzierung der Montagezeiten auf der Baustelle und somit zu einer Verringerung der Errichtungskosten. Ein hoher Vorfertigungsgrad setzt jedoch Systematisierungen bei Bauteilverbindungen und Bauabläufen voraus, um die hohe Qualität der vorgefertigten Einzelbauteile im Werk auf das Gesamtbauwerk übertragen zu können.
Die BSPH-Bauweise mit großformatigen, flächigen Elementen bietet beste Voraussetzungen für Systematisierungen und hat sich aus diesem Grund rasch auf dem Markt etabliert. Die Entwicklung geeigneter Verbindungsmittel hinkt jedoch diesem Wachstumsmarkt hinterher. Nachdem erst durch ein geeignetes Verbindungssystem aus „Elementen" ein „System" macht, ist das Marktpotential des Verbinders ähnlich hoch wie das der Brettsperrholzbauweise einzustufen [1].
Ziel eines gemeinsamen Forschungsprojektes[1] der Universität Innsbruck – AB Holzbau[2] mit der Vinzenz Harrer GmbH, unterstützt durch die Forschungsfördergesellschaft (FFG) ist die grundlegende Neuentwicklung eines Systems, zur effizienten Verbindung von großformatigen Flächenelementen in Brettsperrholzbauweise. Der Einbau des Verbindungsmittels soll bereits in der Werkstatt erfolgen um den Zeitaufwand für den Zusammenbau der Elemente auf der Baustelle zu optimieren. Die Herausforderung bei der Entwicklung von bereits im Werk eingebauten Verbindungsmitteln liegt im Ausgleich von Bautoleranzen bei geleichzeitig sicherer Kraftübertragung. Weiter ist eine einfache Demontierbarkeit und eine langfristige Luft- und Winddichtheit zu gewährleisten. Die Lasteinwirkungen auf den Verbinder werden auf Basis eines 4-geschoßigen Holzwohnbaus mit ungünstiger Gebäudegeometrie berechnet. Die Überprüfung der Leistungsfähigkeit des Verbindungsmittels erfolgt mit Hilfe von Simulationsmodellen und Laborversuchen.

2. Stand der Technik

2.1. Brettsperrholz-Bauweise

Die Brettsperrholz-Bauweise ist gekennzeichnet durch die Verwendung von großformatigen flächigen Elementen (2D-Bauteile). Diese Tragelemente wirken je nach Belastungssituation als Scheiben oder Platten. Durch die kreuzweise (üblicherweise 90° zueinander), angeordneten Schichten wird ein entsprechendes Längs- und Quertragverhalten, sowie verbessertes Quell- und Schwindverhalten erreicht. Durch die Verwendung der großformatigen Elemente treten wesentlich weniger Kontaktfugen auf [2]. Dabei kann im Wesentlichen zwischen den Kontaktfugen Wand-Fundament, Wand-Wand, Wand-Decke-Wand sowie Decke-Decke unterschieden werden [2].

[1] Projektleitung: Dipl.-Ing. Dr. Anton Kraler
[2] Leitung: Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dipl.-Ing. Michael Flach

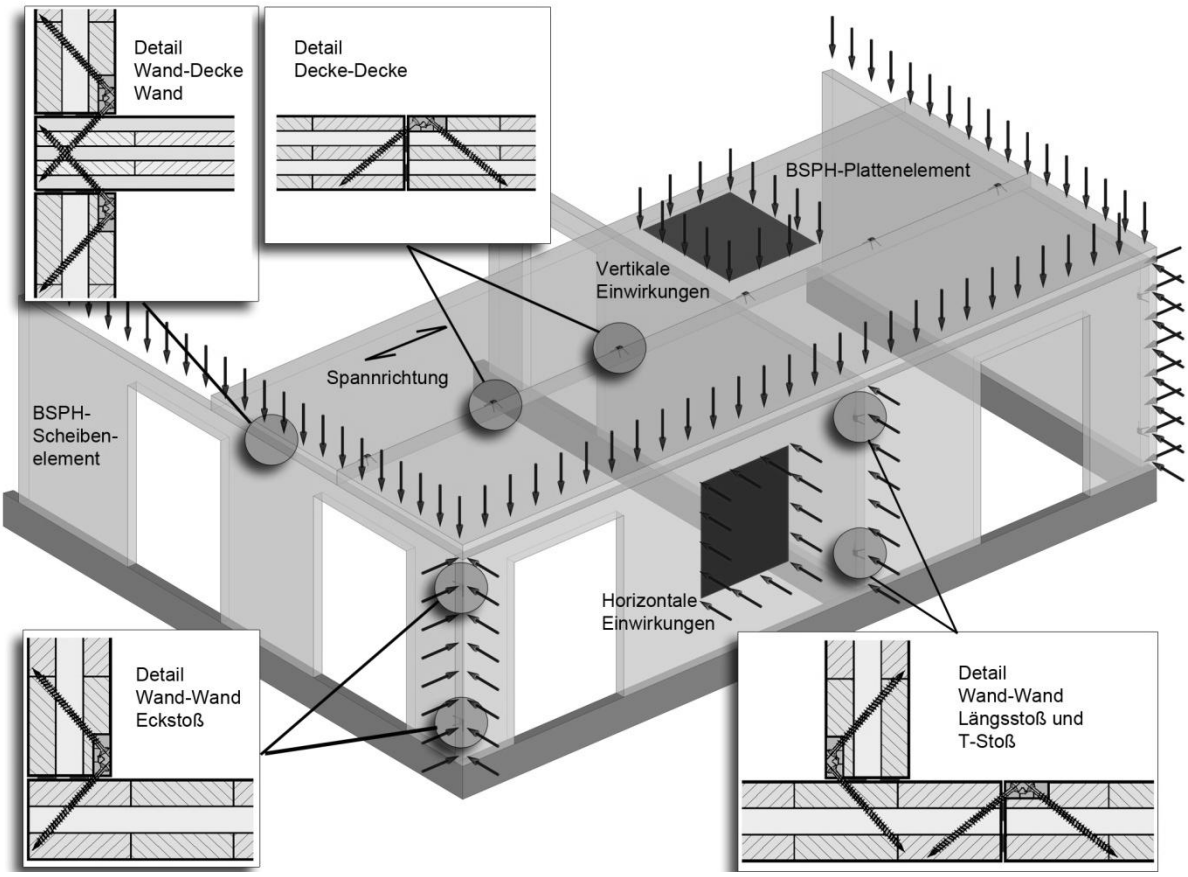

Abbildung 1: Einsatzmöglichkeiten des "Sherpa CLT-Connector" Systems

2.2. Tragfähigkeit von stiftförmigen Verbindungsmitteln in Brettsperrholzelementen [3]

Für die Berechnung der Tragfähigkeiten von stiftförmigen Verbindungsmitteln (Nägel, Schrauben, Dübel, …) gibt es keine unmittelbaren Vorschriften in den momentan gültigen Normen- und Regelwerken. Aus diesem Grund wird hier häufig auf Forschungsergebnisse des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT), rund um das Team von Herrn Professor Hans Joachim Blaß bzw. der Technischen Universität Graz (TUG) unter der Leitung von Herrn Professor Gerhard Schickhofer, zurückgegriffen. Die in [3] präsentierten Ergebnisse zeigen bei der Tragfähigkeit von stiftförmigen Verbindungsmitteln ähnliche Charakteristiken wie beim Einsatz von Holzschrauben in Vollholzquerschnitten. Die Leistungsfähigkeit ist stark vom Neigungswinkel der Verbindungsmittelachse bzw. der Belastungsrichtung des Verbindungsmittels abhängig. Beim Brettsperrholz kommen neben den reinen Materialeigenschaften auch noch Systemeffekte hinzu (Fugen, Seitenholzverleimungen, …). Zusätzlich ist eine Unterscheidung bei der Anordnung der Verbindungsmittel in der Seiten- und Schmalfläche (Abbildung 2) zu treffen.

Beanspruchung auf Abscheren

Mit Hilfe der Gleichung (1) kann für Brettlagen mit einer Dicke von $t_i \leq 9$ mm bei einer angenommenen Rohdichte ρ_k=400 kg/m³ die Lochleibungsfestigkeit in der Seitenfläche bestimmt werden. Bei Brettsperrholz mit einer Lamellendicke $t_i > 9$ mm kann die Lochleibungsfestigkeit wie für Vollholz berechnet werden.

$$f_{h,k} = 60 \cdot d^{-0,5} \tag{1}$$

mit

$f_{h,k}$ Charakteristische Lochleibungsfestigkeit in [N/mm²]

d Durchmesser des Verbindungsmittels in [mm]

Die Lochleibungsfestigkeit von nicht vorgebohrten Schrauben in der Schmalfläche wird nach [3] mit Hilfe der Gleichung (2) bestimmt.

$$f_{h,k} = 20 \cdot d^{-0,5} \tag{2}$$

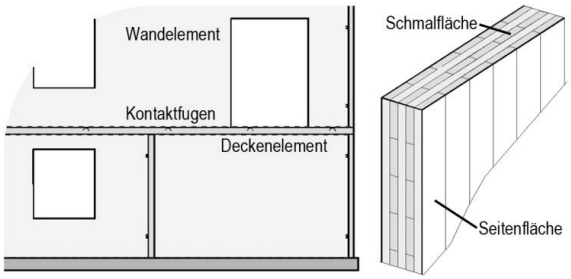

Abbildung 2: Brettsperrholz-Element, Bezeichnungen

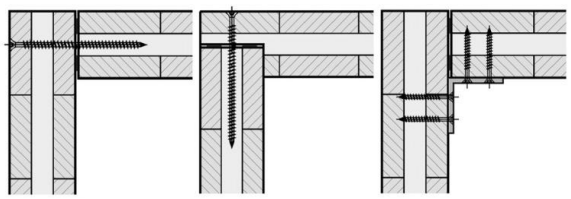

Abbildung 3: Eckstöße von Wand-Wand Kontaktfugen; zu vermeidende Hirnholz-Verschraubungen

Beanspruchung auf Herausziehen

Der Widerstand auf Herausziehen von Holzschrauben aus BSPH-Elementen ist in Übereinstimmung nach Gleichung (3) zu berechnen.

$$R_{ax,S,k} = \frac{0,35 \cdot d^{0,8} \cdot \ell_{ef}^{\;0,9} \cdot \rho_k^{\;0,75}}{1,35 \cdot \cos^2 \varepsilon + \sin^2 \varepsilon} \tag{3}$$

mit

$R_{ax,S,k}$ Charakteristischer Wert der Herausziehtragfähigkeit in [N]

ℓ_{ef} Wirksame Einschraubtiefe in [mm]
Anmerkung: Bei einer Anordnung in der Seitenfläche ist eine Einschraubtiefe bis mindestens in die dritte Brettlage erforderlich

ρ_k Maßgebende charakteristische Rohdichte in [kg/m³]
Seitenfläche: Rohdichte des BSPH ρ_k = 400 kg/m³
Schmalfläche: Rohdichte der maßgebenden Brettlage ρ_k = 350 kg/m³

ε Winkel zwischen Stiftachse und Faserrichtung
Seitenfläche: ε = 90°
Schmalfläche: ε = 0° bzw. 90° sofern die Anordnung der Schraube rechtwinklig und in Brettmitte erfolgt.
Anmerkung: Eine Anordnung der Schraube normal zur Faserrichtung ist anzustreben.

Die hier formulierten Gleichungen für die Ermittlung der Tragfähigkeiten von Holzschrauben machen deutlich, dass in den Schmalflächen eingesetzte, auf Abscheren beanspruchte Holzschrauben eine um ca. 2/3 geringere Tragfähigkeit besitzen.
Bei einer Belastung parallel zur Schraubenachse in der Schmalfläche sinkt die Beanspruchbarkeit um rund 1/3. Dieser Sachverhalt zeigt, dass die Tragfähigkeit stark von der Anordnung der Schrauben am BSPH-Element abhängt, und somit beim Entwurf des Verbindungsmittels ein wichtiges Hauptkriterium darstellt.

2.3. Verbindungsmittel in der BSPH-Bauweise

Heute werden vor allem Holzschrauben, teilweise auch Nägel und Dübel besonderer Bauart, Stabdübel und Passbolzen, sowie eingeleimte Gewindestangen für die Verbindung der Kontaktfugen verwendet. Durch diese Verbindungsmittel kommt es jedoch immer wieder zu ungünstigen faserparallelen Anordnungen der Verbindungsmittel an den Schmalseiten der BSPH-Elemente (siehe Abbildung 3).

3. Entwicklung des Verbinders

Um den Ansprüchen des modernen Holzbaus zu entsprechen, wird mit dem Projektpartner Vinzenz Harrer GmbH und den Projektmitarbeitern der Universität Innsbruck – Arbeitsbereich Holzbau und Arbeitsbereich Stahlbau ein Anforderungsprofil (Tabelle 1) erarbeitet, welches das Verbindungsmittel erfüllen soll. Dieser Kriterienkatalog wird während des Entwicklungsprozesses immer wieder auf seine Einhaltung überprüft.

Tabelle 1: Anforderungen an den Verbinder

Sherpa – CLT – Connector - Anforderungskatalog		
Fertigung	Verarbeitung	Berechnung
Anordnung der Schrauben auf der Seitenfläche	Einfache Handhabung	Einfache Bemessung (Systemlösungen)
Passgenauigkeit	Gerüstfreie Montage	Optimierung der Geometrie
Zentrierung, Justierung	Luftdichte und schalloptimierte Ausführung möglich	Duktiles Versagen
Ein System für Eck-, T-, und Längsverbindungen	Leichte Demontage (Lösbarkeit)	Zuverlässigkeit in Übereinstimmung zum EC-Konzept
Geringer Vorfertigungsaufwand	Ausgleich von Toleranzen	
Nachstellmöglichkeit	Verwendung auch als Anschlagvorrichtung	

Die Idee

Im Vergleich zu vielen anderen Verbindungsmitteln wird, durch die Anordnung des Verbinders an der Gebäude Innenseite, eine einfache, ohne aufwendige Gerüstarbeiten, und somit zeitsparende Montage ermöglicht. Außerdem ermöglicht dieses Konzept – sofern erforderlich – einen mit wenigen Handgriffen verbundenen Aus- bzw. Wiedereinbau der Holzflächenelemente. Die Einhaltung geforderter Bautoleranzen erfolgt durch die Zentrierung der Bauteile durch einen konischen Metalldorn.
Der Einsatz des Bauteilverbinders ist in erster Linie im Bereich von Bauten mit Holzflächenelementen (vorwiegend Brettsperrholz und Holzrahmenbau) geplant.

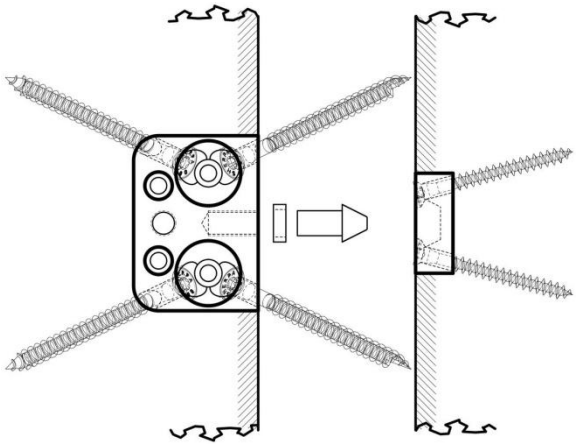

Abbildung 4: Sherpa CLT-Connector XS

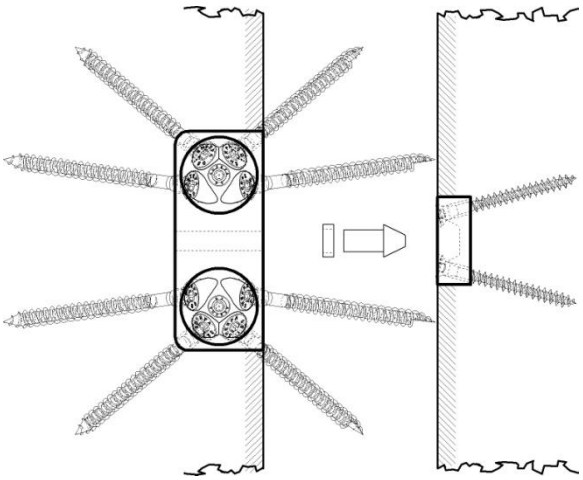

Abbildung 5: Sherpa CLT-Connector S

Die Bestimmung der einwirkenden Lasten auf den Systemverbinder wurde mit numerischen Berechnungen untersucht. Neben der Analyse verschiedener Strukturvarianten wurden zusätzlich Studien mit unterschiedlichen Lagerungen (Bettungsmoduli zur Berücksichtigung der Interaktion Bauwerk Fundamentkonstruktion) durchgeführt.
Als Ergebnis dieser Parameterstudie muss der Verbinder für den praktischen Einsatz in x-Richtung 10 kN (Normalkraft) und in die y- bzw. z-Richtung jeweils 2 kN (Querkräfte) übertragen können (Koordinatensystem siehe Abbildung 6 und Abbildung 7).

4. Technische Beschreibung

Trägermaterial und Verbinder-Bestandteile

Mit dem „Sherpa CLT Connector" (Bezeichnung seitens der Vinzenz Harrer GmbH) ist es möglich, großformatige Massivholzelemente für Wand-, Dach- und Deckenkonstruktionen mit punktuell angeordneten Verbindungsmitteln an den Kontaktfugen dauerhaft und sicher zu verbinden (siehe Abbildung 1). Der Systemverbinder ist für den Einsatz bei den Kontaktfugen Wand-Wand als Längs- und Eckverbindung, Wand-Decke-Wand und Decke-Decke konzipiert.
Das Verbindungssystem besteht aus einem Gehäuse mit einem entsprechenden Gegenstück. Beide Gehäuse können bereits in der Vorfertigungsphase in die Massivholzplatten flächenbündig eingebaut werden. Durch die Möglichkeit eines flächenbündigen Einbaus, ist der Verbinder, als auch das Plattenmaterial, bei der Lieferung und der Montage vor Beschädigung geschützt.
Die Tragfähigkeit des Verbinders wird rechnerisch und mit Hilfe labortechnischer Untersuchungen für 3- und 5-schichtige Brettsperrholzelemente nachgewiesen und optimiert.

Gehäuse

Das Gehäuse aus CNC-gefrästem Aluminium dient zur Aufnahme der Vollgewindeschrauben und des Dorns. Die Kraftübertragung zwischen den Massivholzelementen erfolgt über die im Gehäuse eingespannten Vollgewindeschrauben. Die Anordnung der Schrauben erlaubt eine Normalkraft- und Querkraftübertragung. Der Kräfteschwerpunkt der Verbindung liegt, trotz der exzentrischen Montage des Gehäuses, in etwa in der Plattenebene und bewirkt somit keine Verdrehung der Platten unter Normalkraftbeanspruchung. Werden zwei Verbinder – zum Beispiel an der Ober- und Unterseite einer Decke – angebracht können auch Biegemomente übertragen werden. Durch den Einbau des Gehäuses in der Seitenfläche der Brettsperrholzelemente wird die Kapazität der Verschraubung optimal ausgenutzt und somit die Tragfähigkeit der Verbindung maximiert.
In diesem Konferenz Beitrag werden zwei Verbinder-Typen vorgestellt. In der ersten Projektphase wurde der „Sherpa CLT-Connector XS" – ersichtlich in Abbildung 5 – entwickelt. In einer zweiten Phase wurde die Schraubenanzahl verdoppelt und die Geometrie, unter Zugrundelegung der Erfahrungen aus der ersten Entwicklungsphase, optimiert. Beim „Sherpa CLT-Connector S" - ersichtlich in Abbildung 5 –wurde versucht ein noch größeres Holzvolumen mit den Vollgewindeschrauben zu fassen, und so die Tragfähigkeit hinsichtlich der Normalkraftübertragung zu steigern.

Gegengehäuse

Das Gegengehäuse aus CNC-gefrästem Aluminium wird auf dem gegenüberliegenden Massivholzelement montiert und dient der Zentrierung beim Versetzen der Bauteile. Der Dorn, der im Gehäuse montiert ist, greift dabei in eine konisch gefräste Vertiefung im Gegengehäuse ein und gewährleistet somit die Zentrierung sowie die Querkraftübertragung aus der Ebene der Massivholzelemente in z-Richtung.

Der Dorn

Er wird im Gehäuse montiert und dient zur Zentrierung beim Versetzen der Massivholzelemente und zur Querkraftübertragung mittels Formschluss aus der Ebene. Der Dorn besitzt einen kegelförmigen Kopf und einen Gewindefuß, der in das Gehäuse geschraubt wird. Mittels Distanzhülsen kann der Dorn an verschiedene Einlagen zwischen den Platten angepasst werden.

Vollgewindeschrauben

Sie dienen zur Kraftübertragung zwischen den Massivholzelementen, sowie zur Fixierung des Gehäuses. Durch die spezielle Anordnung der Schrauben ist eine Querkraft- und Normalkraftübertragung zwischen den Massivholzelementen möglich. Zur Gewährleistung der Zuverlässigkeit, muss eine Mindesteindringtiefe der Schrauben bis zur 3-Schicht des BSPH-Querschnittes erfolgen [3].

5. Numerisches Berechnungsmodell

Um ein Versagen des Systemverbinders in der Schnittstelle Schraube – Holz sicherzustellen, werden Simulationen mit einem FE-Programm durchgeführt. Die Berechnung erfolgt mit nichtlinearen Materialeigenschaften bei einem quadratischen Verschiebungsansatz der Elemente. Die Lagerung des Systems wird an den Schrauben mittels linear-elastischer Bettung modelliert. Die Rückseite des Verbinders wird reibungsfrei gelagert. Die einwirkenden Kräfte werden an den Schraubenlöchern aufgebracht. Abbildung 6 und Abbildung 7 zeigen die Vergleichsspannungen (von-Mises) unter 20 kN Normalkraft und 4 kN Querkraft in der Plattenebene. Gut zu erkennen ist das Fließgelenk in der Vollgewindeschraube. Abbildung 7 zeigt die Spannungen im Gehäuse. Die Fließspannungen des Materials werden nur in kleinen Bereichen überschritten.

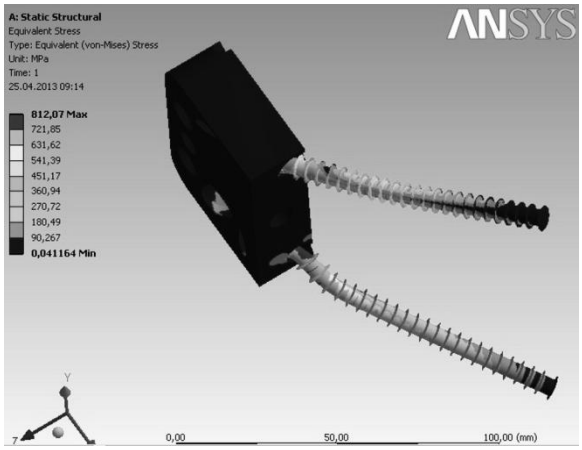

Abbildung 6: Ergebnisse der FE-Simulation der Schrauben

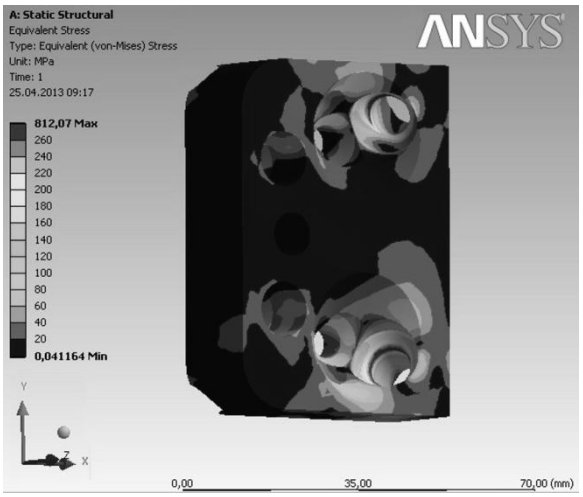

Abbildung 7: Ergebnisse der FE-Simulation des Gehäuses

6. Versuchssetup - Versuchsdurchführung

Die Laborversuche wurden an der TVFA (Technische Versuchs- und Forschungsanstalt) der Universität in Innsbruck durchgeführt. Als Prüfmaschine kam eine Hydro-Puls zum Einsatz, welche Zug- und Druckkräfte aufbringen kann.
Für die Versuchsdurchführung wurden Stahlrahmen zur Lasteinleitung in die BSPH-Elemente gefertigt. Die Versuchskörper werden in Übereinstimmung zur ÖNORM EN 408 [4] drei Wochen bei 20 °C und 65 % relativer Luftfeuchtigkeit bei Normklima gelagert. Die Holzfeuchte der für die Versuche verwendeten Brettsperrholzelemente betrug nach drei Wochen Lagerung 12 ± 1 %.
In Abbildung 8 wird das Setup für die Prüfung der Quer- und Normalkraft jeweils für den Längs- und den T-Stoß dargestellt (von links nach rechts).

Die Messeinrichtung besteht aus 4 Stück induktiven Wegaufnehmern sowie aus Kraftmessdosen. Die Messergebnisse der Versuche waren somit:

- Maschinenweg
- Maschinenkraft
- Verschiebung mittels Induktiver Wegaufnehmer
- Feuchtegehalt des Holzes (Darrverfahren)
- Dichte des Holzes (Darrdichtebestimmung)

Um die Reibung zwischen den Holzstücken gering zu halten wurden in der Fuge Bleche eingelegt, auf denen Öl mit einer geringen Viskosität aufgebracht wurde.
Die Anordnung der Induktiven Wegaufnehmer ist in Abbildung 9 zu erkennen.

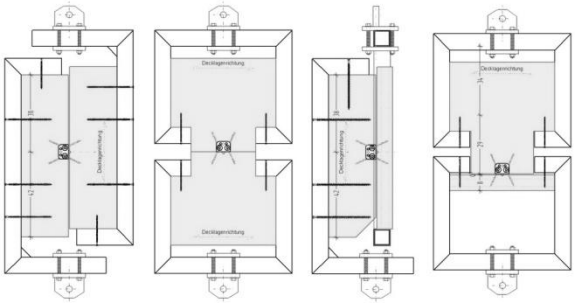

Abbildung 8: Versuchssetup (von links nach rechts: Querkraft am Längsstoß, Normalkraft am Längsstoß, Querkraft am T-Stoß, Normalkraft am T-Stoß)

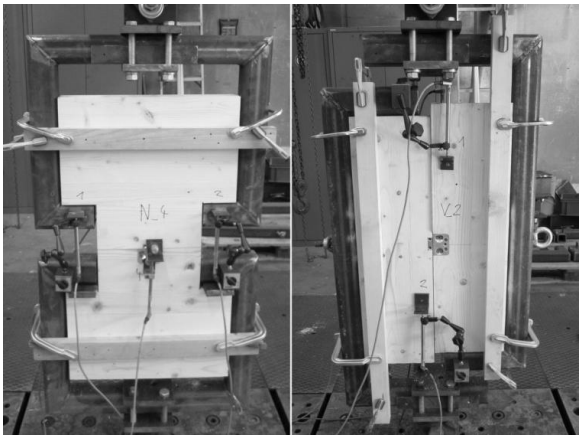

Abbildung 9: Versuchsdurchführung

Die Last wurde in Übereinstimmung zur EN 26891 [5] weggesteuert aufgebracht. Dabei wird die Last bis auf 40 % der geschätzten Tragfähigkeit gesteigert und dann 30 Sekunden konstant gehalten. Anschließend wird die Last auf 10 % der geschätzten Tragfähigkeit verringert und wiederum 30 Sekunden konstant gehalten. Nach diesem Lastzyklus wird der Verbinder bis zum Bruch bzw. bis 15 mm Verschiebung belastet. Nach den jeweiligen Versuchen wird ein Holzquader im Bereich des Verbindungsmittels herausgeschnitten. Der Feuchtegehalt und die Dichte werden bei diesen Proben mittels Darrverfahren nach ÖNORM EN 13183-1 [6] bestimmt.
Von jeder Versuchskonfiguration (Normalkraft (N), Querkraft (V), Normalkraft T-Stoß (NT), Querkraft T-Stoß (VT)) werden fünf Wiederholungen durchgeführt. Bei den Normalkraftversuchen (N, NT) wird drei- und fünfschichtiges BSPH untersucht.

7. Auswertung – Ergebnisse

Die Prüfergebnisse sind lt. EN 26891 [6] die Maximalwerte der Prüfkraft einer Probe, bzw. diejenige Kraft, welche bei einer Verschiebung von 15 mm auftritt. Die Berechnung von charakteristischen Werten erfolgt nach der EN 14358 [7]. Die Rohdichte und der Feuchtegehalt des Holzes wurden ebenfalls einer statistischen Untersuchung unterzogen.
Unter Normalkraftbeanspruchung wurden 20 Stück Sherpa CLT-Connectors vom Type XS untersucht. Jeweils fünf Stück für die Versuche am Längsstoß und am T-Stoß mit 3-schichtigen Brettsperrholz (BSPH), sowie mit 5-schichtigen BSPH. Die Ergebnisse sind in Abbildung 10 bis Abbildung 13 dargestellt. Ein Vergleich von Abbildung 10 mit Abbildung 11 bzw. Abbildung 12 mit Abbildung 13 zeigt die signifikant höhere Tragfähigkeit von 5-schichtigen BSPH gegenüber 3-schichtigen BSPH.
Unter Querkraftbeanspruchung wurden 10 Stück Sherpa CLT-Connectors vom Type XS untersucht. Fünf Stück für die Versuche am Längsstoß und fünf am T-Stoß. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind in Abbildung 14 und Abbildung 15 dargestellt. In Abbildung 16 sind die Ergebnisse mittels Boxplots dargestellt. Es ist zu sehen, dass in der Versuchsreihe N3s ein Ausreißer nach oben und in der Versuchsreihe NT5s ein Ausreißer nach unten auftrat. Gut zu erkennen ist in Abbildung 16 auch die signifikant geringere Normalkrafttragfähigkeit am T-Stoß, sowie die größere Streuung von Versuchsreihe VT3s.
In Tabelle 2 werden die Daten nochmals zusammengefasst und die charakteristischen Tragfähigkeiten angeführt. Es ist zu sehen, dass die Normalkrafttragfähigkeit des Sherpa CLT-Connector XS nicht die geforderten 10 kN erreicht (siehe Abschnitt 3). Die Ergebnisse des Sherpa CLT-Connector S liegen zum Zeitpunkt dieser Publikation noch nicht vor.

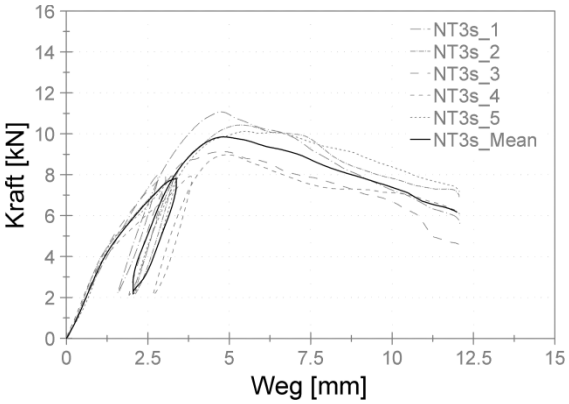

Abbildung 10: Ergebnisse Normalkrafttragfähigkeit am T-Stoß mit 3-schichtigem BSPH

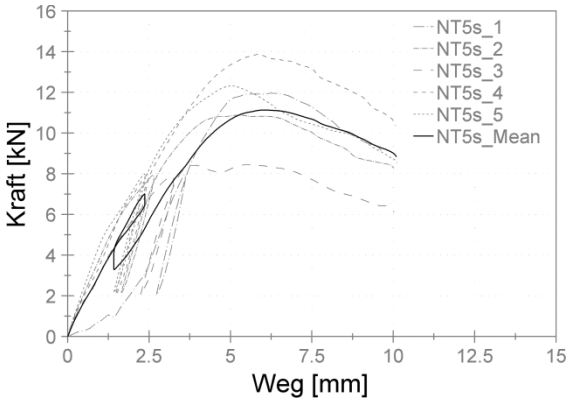

Abbildung 11: Ergebnisse Normalkrafttragfähigkeit am T-Stoß mit 5- schichtigem BSPH

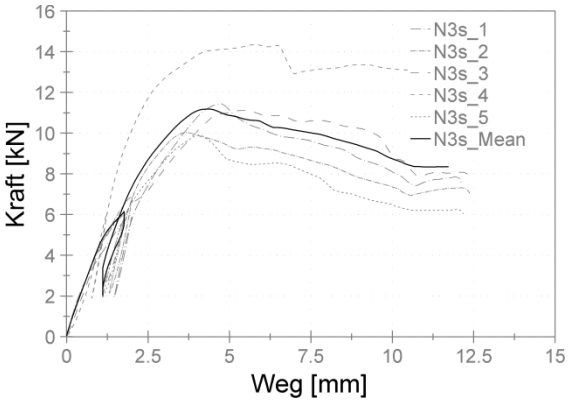

Abbildung 12: Ergebnisse Normalkrafttragfähigkeit am Längsstoß mit 3- schichtigem BSPH

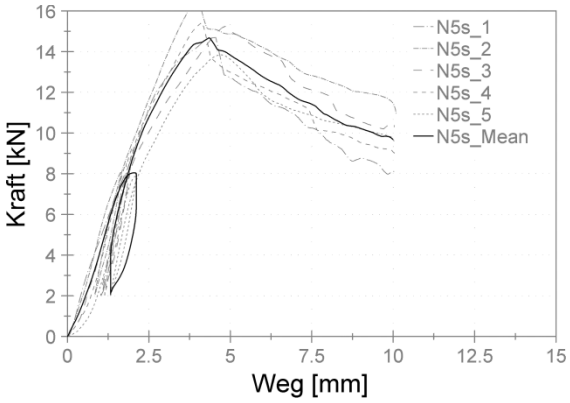

Abbildung 13: Ergebnisse Normalkrafttragfähigkeit am Längsstoß mit 5- schichtigem BSPH

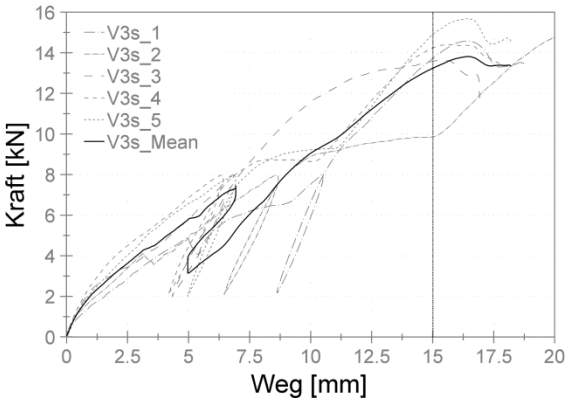

Abbildung 14: Ergebnisse Querkrafttragfähigkeit am Längsstoß mit 3- schichtigem BSPH

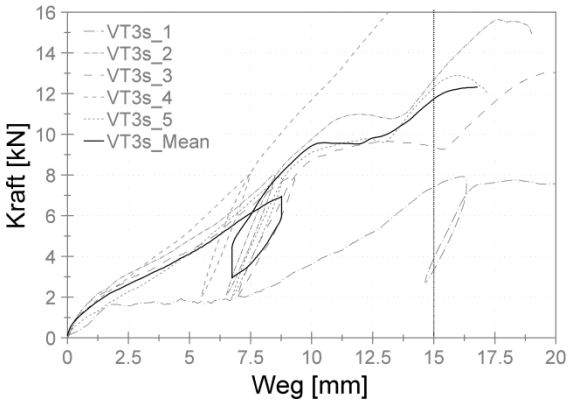

Abbildung 15: Ergebnisse Querkrafttragfähigkeit am Längsstoß mit 3- schichtigem BSPH

Tabelle 2: Zusammenfassung und statistische Auswertung der Ergebnisse

Versuch	Anzahl	BSPH - Anzahl Schichten	Mittelwert [kN]	Streuung [%]	5 % - Quantil [kN]
Normalkraft Längsstoß (N3s)	5	3	11,43	14,76	7,88
Normalkraft T-Stoß (NT3s)	5	3	10,02	9,08	7,99
Normalkraft Längsstoß (N5s)	5	5	15,25	6,69	12,91
Normalkraft T-Stoß (NT5s)	5	5	11,52	18,34	7,24
Querkraft Längsstoß (V3s)	5	3	14,72	5,35	12,88
Querkraft T-Stoß (VT3s)	5	3	14,13	18,34	8,88

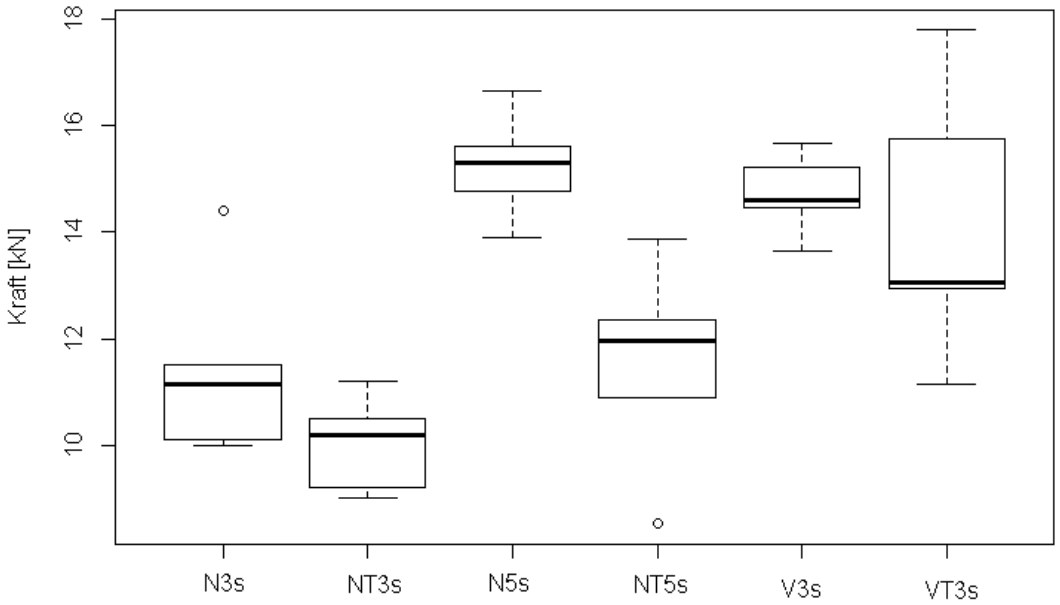

Abbildung 16: Übersicht der Versuchsergebnisse

8. Zusammenfassung und Ausblick

Um die Systembauweise im Holzbau zu forcieren wird eine Verbindung für Holzflächenelemente entwickelt. Ziel ist es eine Verbindung zu schaffen welche die Arbeiten in Situ minimiert und somit Zeit und Geld spart. Die wesentlichen Anforderungen an das Verbindungsmittel sind deshalb neben der sicheren Lastübertragung, der flächenbündige Einbau im Werk, der Ausgleich von Toleranzen auf der Baustelle und die einfache und flexible Montage. Die Bemessung des Systems kann mittels Systemlösungen vereinfacht werden. Die Entwicklung des Verbinders richtet sich somit nach Tragwerksplanerischen und Ausführungstechnischen Randbedingungen. Das hier vorgestellte Verbindungsmittel wird mit einem Partner aus der Privatwirtschaft entwickelt. Anhand eines Anforderungsprofils werden numerische Berechnungen und labortechnische Untersuchungen durchgeführt. Bemessungstabellen und -Diagramme werden folgen. Bisher sind zwei Grundtypen des Systemverbinders erarbeitet und untersucht.
Momentan wird an der Bauaufsichtlichen Zulassung des SHERPA-CLT-Connector-Systems gearbeitet. Nach der Erlangung einer Europäischen Technischen Zulassung (ETAG) wird das Sherpa CLT-Connector-System der Praxis zu Verfügung gestellt, um erste Erfahrungen an realen Bauwerken zu sammeln. Die dritte Entwicklungsphase wird dann aufgrund dieser Praxiserfahrungen weitere Verfeinerungen mit sich bringen.

9. Danksagung

Die Verfasser bedanken sich beim Projektpartner Firma Vinzenz Harrer GmbH, bei den Universitätsprofessoren DDI Michael Flach und DI Dr. techn. Gerhard Lener sowie beim Projektleiter Dipl.-Ing. Dr. Anton Kraler für die konstruktive und unterstützende Zusammenarbeit. Ein weiterer Dank gilt der österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) für die finanzielle Unterstützung dieses gemeinsamen Forschungsprojektes.

10. Literatur

[1] Kraler, A.; Kögl, J.; Maderebner, R.; Timmers, R.;
Systemverbinder für Holzflächenelemente
Bauingenieur, Band 88, September 2013
Seite 385 -392, Hauptaufsatz
Springer-VDI-Verlag GmbH & Co. KG, Düsseldorf
ISSN-0005-6650

[2] Schickhofer, G.;
Holzbau – Konstruktionen aus Holz
Skriptum der Technischen Universität Graz
Institut für Holzbau und Holztechnologie

[3] Blaß, H. J.; Uibel, T.;
Tragfähigkeit von stiftförmigen Verbindungsmitteln in Brettsperrholz
Band 8 der Reihe Karlsruhe Berichte zum Ingenieurholzbau
Universität Karlsruhe (TH), Lehrstuhl für Ingenieurholzbau und Baukonstruktionen
Universitätsverlag Karlsruhe 2007

[4] ÖNORM EN 408:2012
Holzbauwerke – Bauholz für tragende Zwecke und Brettschichtholz – Bestimmung einiger physikalischer und mechanischer Eigenschaften
Austrian Standards Institute, Heinestraße 38, 1020 Wien

[5] ÖNORM EN 26891
Holzbauwerke – Verbindungen mit mechanischen Verbindungsmitteln – Allgemeine Grundsätze für die Ermittlung der Tragfähigkeit und des Verformungsverhaltens (ISO 6891:1983)
Austrian Standards Institute, Heinestraße 38, 1020 Wien

[6] ÖNORM EN 13183-1:2004
Feuchtegehalt eines Stückes Schnittholz
Teil 1: Bestimmung durch Darrverfahren
Austrian Standards Institute, Heinestraße 38, 1020 Wien

[7] ÖNORM EN 14358:2007
Holzbauwerke – Berechnung der 5%-Quantile für charakteristische Werte und Annahmekriterien für Proben
Austrian Standards Institute, Heinestraße 38, 1020 Wien